

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ (МКС) ДЛЯ ОТКАЧКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ИЗ УЧАСТКОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

КУЗЬМИН Павел Павлович

магистрант

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

г. Самара, Россия

*Мобильная компрессорная станция (МКС) – это современный комплекс основного и вспомогательного оборудования. Основное оборудование – две мобильные компрессорные установки, в каждой из которых используется компрессор высокого давления мощностью 695 кВт и газопоршневой двигатель мощностью 750 кВт. Вспомогательное оборудование включает в себя передвижную авторемонтную мастерскую, передвижной жилой модуль, автомобиль с кран-манипуляторной установкой (КМУ). Также в составе комплекса быстроразъемные шлейфы, укомплектованные гибкими рукавами высокого давления. Они позволяют за сутки соединить точки врезки на расстоянии до 200 метров без применения специального оборудования и сварочных работ. Вспомогательное оборудование обеспечивает мобильной компрессорной установке автономность и мобильность.*

**Ключевые слова:** мобильная компрессорная станция (МКС), ремонтные работы, природный газ, технология, расчет, системы газоснабжения.

Перед началом ремонтных работ участки, подлежащие ремонту, блокируются задвижками. Для обеспечения безопасности проведения ремонтных работ, оставшийся в отсеченных участках природный газ стравливается в атмосферу. Это приводит к потерям значительного количества транспортируемого газа и загрязнению окружающей среды (то есть в атмосферу поступает основной парниковый газ – метан) и к прямым экономическим потерям – недополученной выручке от реализации газа и платежам за экологический ущерб. Использование МКС для перекачки природного газа из ремонтного участка газопровода в соседний участок, не подлежащий ремонту, или параллельные нитки газопроводов позволит снизить эмиссии метана в результате минимизации потерь природного газа в течение плановых ремонтов и обслуживания газопроводов единой системы газоснабжения России.

Технология применения мобильных компрессорных станций для откачки природного газа из участков магистрального газопровода, выведенных из работы на период планово-предупредительного ремонта с целью снижения потерь газа при плановых ремонтах и обслуживании ЕСГ: мобильная компрессорная

станция, предназначена для утилизации природного газа, остающегося в выводимом из работы участке газопровода путем перекачки его в проходящий параллельно газопровод или за отключающий запорный кран по ходу газа.

Ремонтные работы на объектах системы магистрального газоснабжения ПАО «Газпром». Техническая и природоохранная ценность технологии заключается в том, что МКС могут быть использованы в северной, центральной и южной частях России, то есть там, где планом капитального и текущего ремонтов предусматриваются работы, связанные с выпуском природного газа в атмосферу.

Применение МКС в ПАО Газпром осуществлялось, в частности в 2010 г. в Усть-Бузулукском ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Волгоград» МКС AG Equipment (626 кВт) в составе: поршневой компрессор Ariel JGA/6, поршневой газовый двигатель Caterpillar G3412C. Выполнена откачка газа из участка МГ DN 1200 протяженностью 13 км в объеме 574 тыс. м<sup>3</sup>. Начальное давление составило 4,6 МПа, конечное давление 1,0 МПа, время работы МКС – 100 часов, в 2012 г. – в Краснотурьинское ЛПУ МГ ООО «Газпром трансгаз Югорск» МКС LMF P-Pack 750 (746 кВт) в составе: поршневой компрессор LMF BS604,

поршневой газовой двигатель Caterpillar G3512LE. Выполнена откачка газа из участка МГ DN 1400 протяженностью 23 км в объеме 1800 тыс. м<sup>3</sup> начальное давление составило 5,75 МПа, конечное давление 1,0 МПа, затраченное время – 100 часов – в 2014 г. в ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» МКС AG Equipment (626 кВт). Выполнена откачка газа в объеме 1400 тыс. м<sup>3</sup>.

Проект использования мобильных компрессорных станций (МКС) направлен на сокращение объемов стравливаемого во время ремонтов газопровода природного газа. Инвестиционное решение по проекту было принято в октябре 2017 г. на основании разработанного ООО «Газпром инвестпроект» технико-экономического обоснования. На данный момент в программе по сохранению газа с использованием мобильных компрессорных станций участвуют 13 газотранспортных дочерних обществ. Ежегодный планируемый объем сохраняемого при помощи МКС газа – 711 млн м<sup>3</sup>.

Привод компрессоров МКС может осуществляться либо газопоршневыми (ГПД), либо газотурбинными двигателями (ГТД). Выбор двигателя зависит от мощности МКС. ГТД целесообразно применять при мощности компрессоров 2,5-4,0 МВт. КПД газотурбинного привода не превышает 35%, а удельный расход топливного газа составляет 0,264-0,329 м<sup>3</sup>/кВт·час. Для мощностей 0,4-

0,46 МВт предпочтительней ГПД, КПД которого 40-42%, а удельный расход топливного газа 0,375-0,503 м<sup>3</sup>/кВт·час.

Реальные свойства метана рассчитываются по методике, основанной на обобщении экспериментальных  $p$ ,  $v$ ,  $T$  – данных и составлении единого уравнения состояния, которое позволяет описать эти данные. На заданном множестве экспериментальных данных строится совокупность аппроксимирующих поверхностей в координатах  $z$ ,  $\omega$ ,  $\tau$  ( $z$  – коэффициент сжимаемости,  $\omega$  – приведенная плотность,  $\tau$  – приведенная температура). Коэффициенты аппроксимации находятся по методу наименьших квадратов.

Расчет термодинамических свойств вещества осуществляется по усредненному уравнению состояния:

$$\pi = \frac{\bar{\omega}\tau}{z_{кр}} \left( 1 + \sum_{i=t}^r \sum_{g=t}^{S_i} b_{ig} \frac{\bar{\omega}^i}{\tau^g} \right),$$

Где  $\pi = p/p_{кр}$  – приведенное давление;  $\bar{\omega}$  – среднее значение плотности;  $\tau = T/T_{кр}$  – приведенная температура;  $b_{ig}$  – коэффициенты аппроксимации (9);  $кр$  – параметры газа в критической точке.

На рисунке 1 приведены термодинамические свойства метана в рабочем диапазоне компрессора. На диаграмме нанесены данные, взятые из [9].

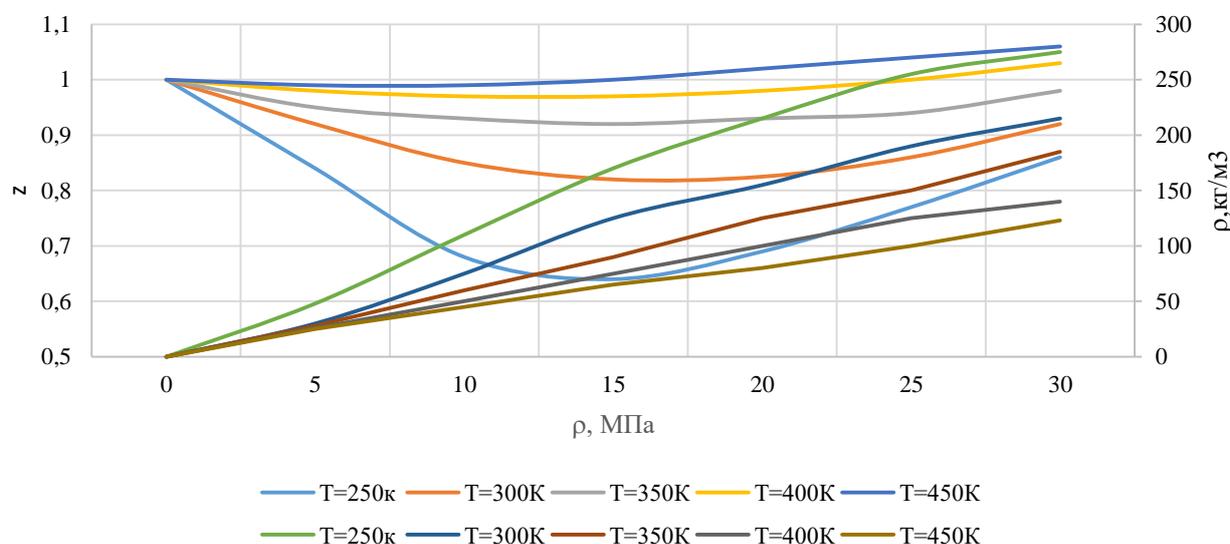


Рисунок 1. Термодинамические свойства метана в рабочем диапазоне компрессора

Единовременные затраты при покупке и внедрении МКС в единичном дочернем обществе ПАО «Газпром» могут составить 120-160 млн. руб. Эти затраты окупаются за 1,5 – 2 года.

Технологический эффект технологии применения МКС для откачки природного газа из участков магистрального газопровода заключается:

- экономия природного газа за счет сокращения потерь стравливаемого газа до 80% при проведении планово-предупредительных ремонтов на линейных участках магистрального газопровода;

- сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и растительно-почвенный покров, прилегающего к магистральному газопроводу;

- устойчивая работа компрессоров в условиях мобильного развертывания и изменения дислокации. В перспективе технологический эффект может обеспечить экономию природного газа за счет сокращения его потерь – 90-95%.

На данный момент при помощи МКС сохранено более 1 млрд куб. м природного газа. Этот объем обеспечил снижение выбросов парниковых газов на 17 млн т CO<sub>2</sub>-эквивалента.

Реализация проекта обеспечивает получение экономической (прибыль), энергетической (сокращение потерь газа) и экологической (исключение платежей и штрафов за выброс природного газа в атмосферу при продувках и стравливании) выгоды.

Австрийская компания «LMF»; «Экстерран»; ООО «Газаг»; ЗАО «УГК» Екатеринбург; ОАО «Зеленодольское ПКБ»; ОАО «Авиадвигатель».

Промышленное освоение технологии: Технология в настоящее время полностью разработана, выполнены этапы опытно-технологической апробации и рекомендована к массовому внедрению в дочерних обществах ПАО «Газпром». В перспективе применение технологии целесообразно функционально расширить, включая возможность ее применения в других видах деятельности ПАО «Газпром».

На определенных этапах реализации технологии могут возникнуть потенциальные барьеры: возможны определенные периоды простаивания высокоэнергетического оборудования МКС с учетом периодов плановости проведения ремонтов и пространственно-территориального разнесения дочерних обществ относительно друг от друга.

Технология соответствует современным требованиям, предъявляемым к научно-техническому уровню в нефтегазовом секторе России и рекомендуется для внедрения на объектах нефтегазового комплекса.

Сохранение природного газа с использованием мобильных компрессорных станций – это эффективное бизнес-решение, которое соответствует высоким экологическим стандартам и решает задачу по минимизации объемов стравливаемого газа с максимальным экономическим и экологическим эффектом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бузова И.А., Махавикова Г.А., Терехова В.В. Коммерческая оценка инвестиций: учеб. для вузов. – СПб.: Питер, 2004. – 432 с.
2. Вахрин П.И. Инвестиции: учеб. для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по экон. спец. – М.: издательско-торг. корпорация «Дашков и К», 2003. – 384 с.
3. Виленский П.Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособие – 2-е изд., перер. и доп. – М.: Дело, 2002. – 808 с.
4. Виханский Н.С. Основы инвестиционного менеджмента: т. I, II. – СПб.: «Нико-центр», 2001.
5. Городничев П.Н. Инновационный менеджмент: учеб. пособие для студентов высш. учеб. Заведений. – М.: КНОРУС, 2005. – 544 с.
6. Игонина Л.Л. Инвестиции: учеб. пособие. – М.: Экономистъ, 2003. – 478 с.
7. Павловская, А.В. Планирование производства на предприятиях нефтяной и газовой промышленности: учебное пособие, изд. 2-е, перераб и доп. – Ухта: УГТУ, 2020. – 225 с.
8. Сычев В.В., Вассерман А.А., Загорученко В.А., Козлов А.Д., Спиридонов Г.А., Цымарный В.А. Термодинамические свойства метана – ГСССД. Серия монографий. – М.: Издательство стандартов, 1979, – 348 с.
9. Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций. – М.: ИНФРА-М, 1995. – 528 с.

## USE OF MOBILE COMPRESSOR STATIONS (MCS) FOR PUMPING NATURAL GAS FROM SECTIONS OF MAIN GAS PIPELINE

**KUZMIN Pavel Pavlovich**  
Undergraduate  
Samara State Technical University  
Samara, Russia

*Mobile compressor station (MCS) is a modern complex of main and auxiliary equipment. The main equipment is two mobile compressor units, each of which uses a 695 kW high-pressure compressor and a 750 kW gas piston engine. Auxiliary equipment includes a mobile auto repair shop, a mobile residential module, a car with a crane-manipulator unit (CMU). The complex also includes quick-disconnect hoses, equipped with flexible high-pressure hoses. They allow you to connect tie-in points at a distance of up to 200 meters in a day without the use of special equipment and welding. Auxiliary equipment provides the mobile compressor unit with autonomy and mobility.*

**Keywords:** mobile compressor station (MCS), repair work, natural gas, technology, calculation, gas supply systems.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОБИЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТА ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МГ

**КУЗЬМИН Павел Павлович**  
магистрант  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
г. Самара, Россия

*Общая протяженность газотранспортной системы на территории России составляет более 170 тыс. км. Свое основное развитие газотранспортная система получила в 70-80 гг. прошлого века и к настоящему времени износ основных фондов по линейной части газопроводов составляет более 57%. Поэтому обеспечение надежности линейной части магистральных трубопроводов является одной из важных задач. Эта задача может быть решена за счет внедрения новых технических средств, технологий и оптимальных методов организации производства капитального ремонта газопроводов. Сегодня действует Программа комплексного капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов на 2020-2025 гг., утвержденная правлением ПАО «Газпром» в 2019 г.*

**Ключевые слова:** мобильная компрессорная станция (МКС), ремонтные работы, природный газ, технология, расчет, системы газоснабжения.

**К** капитальному ремонту линейной части газопроводов относятся работы, не затрагивающие основные проектные показатели объектов (вид транспортируемого продукта, рабочее давление и производительность газопроводов), связанные с восстановлением изношенного оборудования, отдельных узлов, конструкций или их заменой, а также по вос-

становлению технических и эксплуатационных характеристик объектов транспорта газа, в том числе: замена труб или участков газопроводов, дальнейшая эксплуатация которых невозможна; устранение дефектов и ремонт труб и сварных соединений, в том числе по результатам диагностики и т. п.

В настоящее время технология откачки